

**OPTIMISASI PENJADWALAN KULIAH DI TEKNIK INDUSTRI UMS DENGAN
GOAL PROGRAMMING DAN BRKGA**



**Disusun sebagai salah satu syarat menyelesaikan Program Studi Strata I pada Jurusan
Teknik Industri Fakultas Teknik**

Oleh:

MAHARANI SULISTYO UTAMI

D 600 160 055

**PROGRAM STUDI TEKNIK INDUSTRI
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SURAKARTA**

2021

HALAMAN PERSETUJUAN

**OPTIMISASI PENJADWALAN KULIAH DI TEKNIK INDUSTRI UMS DENGAN
GOAL PROGRAMMING DAN BRKGA**

PUBLIKASI ILMIAH

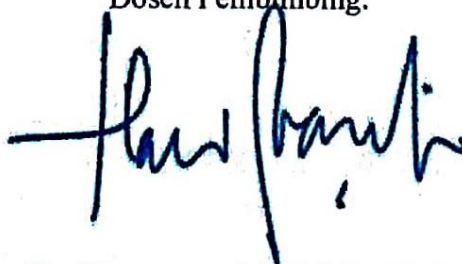
Oleh:

MAHARANI SULISTYO UTAMI

D 600 160 055

Telah diperiksa dan disetujui untuk diuji oleh:

Dosen Pembimbing:

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Hari Prasetyo', is written over a horizontal line.

Hari Prasetyo, S.T., M.T., Ph.D

NIK.886

HALAMAN PENGESAHAN

**OPTIMISASI PENJADWALAN KULIAH DI TEKNIK INDUSTRI UMS DENGAN
GOAL PROGRAMMING DAN BRKGA**

Oleh

MAHARANI SULISTYO UTAMI

D 600 160 055

Telah dipertahankan di depan Dewan Penguji




Fakultas Teknik

Universitas Muhammadiyah Surakarta

Pada hari Jum'at, 7 Mei 2021

dan dinyatakan telah memenuhi syarat

Dewan Penguji:

1. Hari Prasetyo, S.T., M.T., Ph.D 
(Ketua Dewan Penguji)
2. Ir. Much. Djunaidi, S.T., M.T. 
(Anggota I Dewan Penguji)
3. Ir. Eko Setiawan, S.T., M.T., Ph.D 
(Anggota II Dewan Penguji)

Mengetahui,

Ketua Jurusan



(Eko Setiawan, S. T., M. T., Ph. D)

NIK. 888

PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam naskah publikasi ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu perguruan tinggi dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan orang lain, kecuali secara tertulis diacu dalam naskah dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Apabila kelak terbukti ada ketidakbenaran dalam pernyataan saya diatas, maka akan saya pertanggungjawabkan sepenuhnya.

Surakarta, 26 April 2021

Penulis



MAHARANI SULISTYO UTAMI

D 600 160 055

OPTIMISASI PENJADWALAN KULIAH DI TEKNIK INDUSTRI UMS DENGAN GOAL PROGRAMMING DAN BRKGA

Abstrak

Permasalahan penjadwalan kuliah merupakan salah satu masalah penjadwalan yang terkenal sulit baik secara teoritis maupun praktis. Tujuan yang ingin dicapai dari penelitian ini adalah bagaimana membuat jadwal mata kuliah yang optimal untuk menjadwalkan mata kuliah dengan batasan jumlah dosen, kapasitas ruangan dan slot waktu sehingga meminimalkan penalti yang dibebankan jika batasan tidak terpenuhi. Karena penjadwalan mata kuliah merupakan permasalahan *Non Polynomial Hard* (NP-Hard) maka perancangan algoritma pencarian solusi optimal yang efektif dan efisien menjadi salah satu tantangan terbesar yang harus diselesaikan. Pada penelitian ini, *Biased Random Key Genetic Algorithm* (BRKGA) dirancang dan dikodekan dengan Matlab untuk menyelesaikan permasalahan penjadwalan mata kuliah di Teknik Industri UMS. Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa algoritma BRKGA dapat menghasilkan solusi jadwal mata kuliah yang optimal dengan terpenuhi semua *hard constraints* dengan waktu komputasi yang diperlukan relatif cepat.

Kata Kunci: BRKGA, NP-Hard, penjadwalan mata kuliah

Abstracts

The course timetabling problem is one of the most notorious scheduling problems, both theoretically and practically. The objective of this research is how to make an optimal course schedule to schedule courses with limits on the number of lecturers, room capacity and time slots so as to minimize the penalties that are charged if the limits are not met. Because course scheduling is a Non Polynomial Hard (NP-Hard) problem, designing an optimal solution search algorithm that is effective and efficient is one of the biggest challenges that must be resolved. In this study, the Biased Random Key Genetic Algorithm (BRKGA) was designed and coded with Matlab to solve course scheduling problems in UMS Industrial Engineering. The results obtained indicate that the BRKGA algorithm can produce an optimal course schedule solution by fulfilling all the hard constraints with the required computation time is relatively fast.

Keywords: BRKGA, NP-Hard, timetabling.

1. PENDAHULUAN

Salah satu permasalahan rutin yang dihadapi oleh perguruan tinggi adalah pemanfaatan dan efisiensi ruang untuk pelaksanaan perkuliahan. Sehingga penjadwalan kuliah dirancang sedemikian rupa harus mampu memanfaatkan sumber daya dengan optimal dan memuaskan dosen dan mahasiswa (Daskalaki, Birbas and Housos, 2004). Menurut (Schaerf, 1999), masalah

penjadwalan kuliah merupakan salah satu masalah penjadwalan yang terkenal sulit baik secara teoritis maupun praktis. Banyaknya masalah yang terdapat pada penjadwalan kuliah menunjukkan bahwa permasalahan penjadwalan kuliah itu kompleks sehingga diperlukan solusi optimisasi yang canggih (Al-Majmar dan Al-Shfaq, 2016), karena metode konvensional seperti *Linier Programming* ataupun kalkulus tidak dapat digunakan untuk menyelesaikan permasalahan secara optimal.

Berbagai penelitian telah mencoba mengaplikasikan metode metaheuristik untuk menyelesaikan permasalahan *Time Tabling*. Puspaningrum, Djunaidy dan Vinarti (2013) melakukan membuat sebuah sistem penjadwalan mata kuliah otomatis menggunakan algoritma genetika di Jurusan Sistem Informasi ITS. Ferawaty (2010) melakukan penelitian upaya mengoptimalkan proses pembuatan jadwal mata kuliah di universitas menggunakan algoritma genetika. Laksono, Utami dan Sugiarti (2018) melakukan penelitian untuk merancang sistem informasi penjadwalan mata kuliah berbasis *web* dengan metode algoritma genetika. Hartadi, Hidayat dan Utomo (2016) merancang aplikasi penjadwalan mata kuliah yang mampu membuat jadwal otomatis menggunakan algoritma genetika dengan metode pengeditan jadwal tarik-lepas.

Permasalahan mengenai penjadwalan kuliah juga dihadapi oleh Jurusan Teknik Industri. Permasalahan penjadwalan kuliah di Teknik Industri diantaranya dosen memiliki preferensi boleh memilih hari apa saja untuk bisa mengajar. Selain itu sumber daya manusia dalam hal ini dosen di Teknik Industri jumlahnya terbatas sehingga seorang dosen bisa mengajar lebih dari satu mata kuliah dan dosen hanya bisa mengajar satu mata kuliah di satu waktu. Permasalahan berikutnya yaitu terdapat keterbatasan tata ruang. Ruang kelas yang dapat digunakan untuk kegiatan belajar mengajar memiliki kapasitas yang berbeda-beda sehingga pada saat membuat penjadwalan kuliah harus mempertimbangkan antara kapasitas ruang dengan jumlah mahasiswa yang mengambil mata kuliah. Selain itu, seringkali terdapat jadwal dua mata kuliah pilihan yang bentrok atau bahkan antar mata kuliah wajib yang diambil pada satu semester yang sama juga bentrok. Jadwal mata kuliah yang bentrok biasanya disebabkan oleh penjadwalan yang belum optimal sehingga jadwal yang disusun saling bertumpuk. Efek lain yang disebabkan dari penjadwalan yang belum optimal yaitu tidak meratanya beban mahasiswa setiap harinya. Terdapat mahasiswa yang dibebani dengan mata kuliah yang banyak pada satu hari tertentu saja. Hal ini membuat mahasiswa kesulitan mengatur waktu studi (Mauluddin, Ikbal and Nursikuwagus, 2018). Beberapa permasalahan tersebut menunjukkan

bahwa banyak pihak yang menginginkan tujuan yang berbeda-beda, oleh karena itu penelitian ini menggunakan *Goal Programming*. *Goal Programming* merupakan salah satu metode matematika yang digunakan sebagai dasar mengambil keputusan untuk menganalisis dan membuat solusi permasalahan yang melibatkan banyak tujuan sehingga diperoleh alternatif pemecahan masalah yang optimal (A. Charnes dan Cooper, 1957).

Permasalahan penjadwalan mata kuliah di Teknik Industri diselesaikan pada penelitian ini menggunakan metode *Biased Random Key Genetic Algorithm* (BRKGA). BRKGA telah sukses digunakan dalam beberapa masalah kombinatorial yang sulit dan pada permasalahan dunia nyata. BRKGA telah diterapkan pada sejumlah masalah penjadwalan misalnya penjadwalan *job-shop* dan penjadwalan proyek dengan sumber daya terbatas (Lucena *et al.*, 2014). Beberapa penerapan BRKGA pada permasalahan penjadwalan pekerjaan yaitu BRKGA diterapkan untuk penjadwalan *n-job m-machine* untuk meminimalkan *make span*. Algoritma ini digunakan untuk memberikan aturan prioritas urutan. Itu dikombinasikan dengan prosedur pencarian lokal dengan menukar dua operasi di operasi jalur kritis (Gonçalves, Mendes and Resende, 2005) dan prosedur pencarian memperluas pendekatan grafis dua-pekerjaan oleh Akers (1956) yang terdapat pada penelitian Gonçalves and Resende (2014). Kemudian, pada penelitian Valente, Gonçalves and Alves (2006) dan penelitian Valente and Gonçalves (2009) memecahkan masalah penjadwalan awal atau lambat dimana algoritma digunakan untuk menetapkan urutan kemungkinan jadwal. Pada penelitian Valente and Gonçalves (2009), kelayakan linier dan keterlambatan kuadrat biaya penalti dan tidak ada waktu kosong mesin yang diperhitungkan. BRKGA dengan kromosom non-acak dan lokal prosedur perbaikan diselidiki.

Beberapa penelitian menggunakan BRKGA yang sukses dalam permasalahan penjadwalan proyek yaitu penelitian yang dilakukan oleh Gonçalves, Mendes and Resende (2008), masalah penjadwalan multi-proyek dengan sumber daya dan kendala prioritas diatasi. Ukuran kinerja secara bersamaan memasukkan kriteria keterlambatan, kedekatan dan waktu aliran. Kromosom digunakan untuk mewakili prioritas kegiatan, waktu tunda dan tanggal rilis dan kemudian *decoder* bertanggung jawab untuk menyusun jadwal aktif parameter dari kromosom. Demikian pula, pada penelitian Gonçalves, Resende and Mendes (2011) peduli dengan meminimalan *make span* pembuatan proyek. Kromosom menyandikan prioritas

kegiatan, kemudian jadwal aktif dibangun menggunakan skema pembuatan jadwal seri (SGS), akhirnya perbaikan maju-mundur diusulkan.

2. METODE

2.1 Permasalahan

Penjadwalan mata kuliah di Teknik Industri UMS dilakukan dengan cara konvensional yang dilakukan oleh sekretaris jurusan. Penjadwalan dilakukan setiap pergantian semester. Penjadwalan melibatkan beberapa komponen yakni ruang kuliah, dosen serta mahasiswa. Jumlah mata kuliah yang dijadwalkan pada semester genap yaitu 31 mata kuliah. Dosen yang mengajar ada 11 dosen teknik industri dan 7 dosen dari luar teknik industri. Kegiatan pembelajaran dilakukan 5 hari dalam seminggu dan setiap harinya tersedia 6 slot waktu. Ruangan yang dapat digunakan untuk kegiatan mengajar terdapat 5 ruangan dengan kapasitas beragam untuk menampung sejumlah mahasiswa yang terbagi atas empat tingkat yakni mahasiswa tingkat 1, tingkat 2, tingkat 3 dan tingkat 4. Dari keempat tingkat tersebut, mahasiswa tingkat 1 dan tingkat 2 masing-masing dibagi menjadi 4 yaitu kelompok mahasiswa tingkat 1A, 1B, 1C, 1D, 2A, 2B, 2C dan 2D, sedangkan untuk mahasiswa tingkat 3 dibagi menjadi 3 kelompok yaitu 3A, 3B, dan 3C sehingga kelompok mahasiswa yang ada sekarang menjadi 12. Permasalahan yang muncul dari penjadwalan mata kuliah di Teknik Industri UMS adalah bagaimana membuat jadwal mata kuliah yang optimal untuk menjadwalkan mata kuliah dengan batasan jumlah dosen, kapasitas ruangan dan slot waktu sehingga meminimalkan penalti yang dibebankan jika batasan tidak terpenuhi.

Dalam membuat model penjadwalan mata kuliah terlebih dahulu mendefinisikan kendala *hard* dan *soft* yang mempengaruhi dalam proses penjadwalan. Kendala *hard* dan *soft* yang akan didefinisikan pada model penjadwalan di Teknik Industri UMS disesuaikan dengan kondisi yang ada dalam keadaan sebenarnya. Berikut asumsi-asumsi yang digunakan untuk membentuk model penjadwalan di Teknik Industri UMS:

1. Kelompok mahasiswa dibagi atas mahasiswa tingkat 1, tingkat 2, tingkat 3 dan tingkat 4.
2. Dosen memiliki preferensi hari untuk mengajar.
3. Jika ada mata kuliah yang diampu oleh lebih dari satu dosen maka dosen-dosen tersebut tidak boleh dijadwalkan pada waktu yang bersamaan.
4. Slot waktu dalam sehari untuk satu ruang dibagi menjadi 6. Setiap slot waktu mewakili durasi 2 sks perkuliahan. Seperti yang dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Pembagian Slot Waktu

Jam ke-	Jam	Slot waktu
1	07.00-07.50	1
2	07.50-08.40	
3	08.40-09.30	
4	09.30-10.20	2
5	10.20-11.10	
6	11.10-12.00	3
Istirahat	12.00-13.00	
7	13.00-13.50	4
8	13.50-14.40	
9	14.40-15.30	
10	15.30-16.20	5
11	16.20-17.10	
12	17.10-18.00	6

Hard constraints yang harus dipenuhi pada penjadwalan mata kuliah di Teknik Industri, yaitu:

- (H1) Tidak ada dosen yang memberikan dua pelajaran secara bersamaan. Kendala ini dinyatakan dengan $fk1$ yang memiliki bobot penalti 1.
- (H2) Tidak ada mahasiswa yang menghadiri lebih dari satu mata kuliah pada waktu yang bersamaan. Kendala ini dinyatakan dengan $fk2$ yang memiliki bobot penalti 1.
- (H3) Setiap pelajaran harus ditugaskan ke periode atau sejumlah periode, tergantung pada panjang pelajaran (SKS). Sehingga mata kuliah yang memiliki jumlah 3 sks tidak boleh dijadwalkan pada slot waktu ke-3 dan ke-6. Kendala ini dinyatakan dengan $fk3$ dan $fk4$ yang memiliki bobot penalti masing-masing 1.

Soft constraints pada penjadwalan mata kuliah di Teknik Industri yang membuat jadwal menjadi lebih baik, yaitu:

- (S1) Mata kuliah yang dibagi ke dalam beberapa kelas dapat dijadwalkan secara berurutan. Kendala ini dinyatakan dengan $gk1$ yang memiliki bobot penalti 0,3.
- (S2) Jumlah maksimal SKS untuk setiap ruang setiap harinya adalah 12 SKS. Kendala ini dinyatakan dengan $gk2$ yang memiliki bobot penalti 0,3.
- (S3) Jumlah maksimal dosen mengajar dalam sehari adalah 9 SKS. Kendala ini dinyatakan dengan $gk3$ yang memiliki bobot penalti 0,3.
- (S4) Dosen memiliki preferensi hari untuk mengajar. Kendala ini dinyatakan dengan $gk4$ yang memiliki bobot penalti 0,3.

Sehingga dapat dirumuskan fungsi tujuan dari permasalahan penjadwalan mata kuliah di Teknik Industri sebagai berikut:

$$\text{Fungsi tujuan: } Z = \min (fk1+fk2+fk3+fk4+(gk1*0.3)+(gk2*0.3)+(gk3*0.3)+(gk4*0.3)) \dots(i)$$

2.2 Pendekatan Solusi

2.2.1. BRKGA

Biased Random Key Genetic Algorithm (BRKGA) adalah salah satu macam *Random Key Genetic Algorithm* (RKGA) yang diperkenalkan oleh Bean pada tahun 1994. Diusulkan pertama kali pada penelitian Ericsson *et al.* (2002) dan penelitian Gonçalves & De Almeida (2002). Kelebihan yang dimiliki BRKGA yaitu fleksibilitas dalam merepresentasikan berbagai permasalahan dengan menggunakan bilangan *random* (0-1) yang mengarahkan algoritma menjadi masalah yang independen (Rochman, Prasetyo and Nugroho, 2017). Pada BRKGA di generasi baru ke- k , kromosom dibedakan menjadi p_e solusi terbaik (solusi elit) dan $p-p_e$ non-elit. Kemudian populasi generasi penerus ($k+1$) dihasilkan dengan menyalin semua solusi elit, melakukan migrasi individu secara acak (p_m), dan mengisi sisanya dengan melaksanakan *crossover* dari dua kromosom yang diseleksi *random* dari kelompok elit dan non-elit (Gonçalves and Resende, 2011). Pada RKGA dua orang tua untuk *crossover* dipilih secara acak dari semua individu dalam populasi (Prasetyo *et al.*, 2015).

Berdasarkan pada percobaan dalam penelitian Gonçalves, Resende and Toso (2012) dan Gonçalves, Resende and Toso (2014), sedikit modifikasi metode seleksi kromosom untuk *crossover* yang diajukan dalam BRKGA secara konsisten meningkatkan kinerja RKGA. Ada beberapa parameter yang butuh diatur untuk mendapatkan pemecahan yang optimal pada BRKGA (Christiana and Prasetyo, 2017). Berdasarkan penelitian Gonçalves and Resende (2011) dan penelitian Prasetyo *et al.* (2015) penerapan BRKGA pada berbagai bidang, pengaturan parameter BRKGA yang disarankan terdapat di Tabel 2.

Tabel 2. Parameter BRKGA (Gonçalves and Resende, 2011)

Parameter (a)	Deskripsi (b)	Nilai Rekomendasi(c)
p	Ukuran populasi	$P = ax$, dimana $1 \leq a \in \mathbb{R}$ is konstanta dan x adalah panjang kromosom
p_e	Ukuran populasi elit	$0.1 p \leq p_e \leq 0.25 p$
p_m	Ukuran populasi mutasi	$0.1 p \leq p_m \leq 0.3 p$
p_e	Probabilitas keturunan elit	$0.5 \leq p_e \leq 0.8$

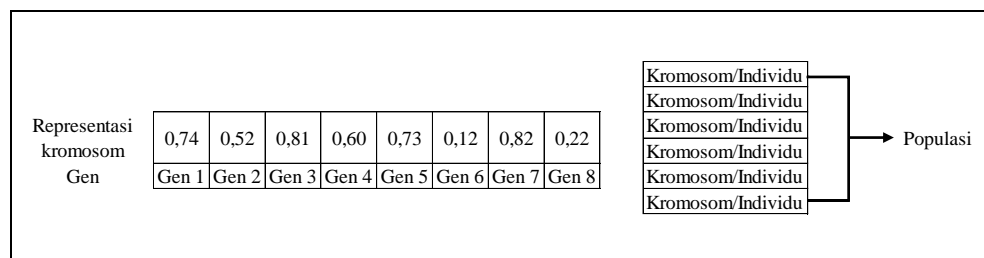
2.2.2 Implementasi BRKGA pada Penjadwalan Mata Kuliah

Kerangka jadwal otomatis berdasarkan algoritma genetika telah dirancang dan diterapkan untuk memecahkan masalah penjadwalan mata kuliah pada universitas. Permasalahan penjadwalan mata kuliah pada Teknik Industri UMS digunakan untuk mendemonstrasikan pendekatan yang kami lakukan. Pada bagian ini, detail dari implementasi *Biased Random Key Genetic Algorithm* untuk permasalahan penjadwalan mata kuliah di kehidupan nyata akan dijelaskan.

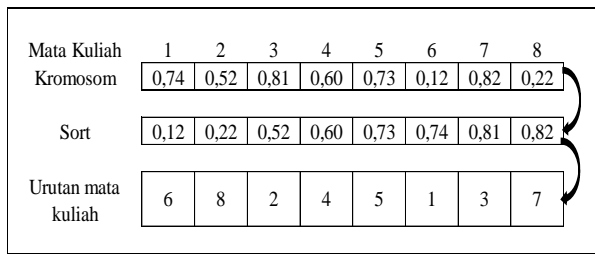
a. Representasi Kromosom

Representasi kromosom merupakan salah satu bagian terpenting dari BRKGA, karena setiap kromosom harus mewakili semua informasi yang diperlukan untuk pembentukan seluruh jadwal. Selain itu, kromosom harus direpresentasikan sedemikian rupa sehingga efisien untuk operasi genetik seperti persilangan dan mutasi serta perhitungan *fitness*.

Pada BRKGA, populasi awal disebut sebagai p yang diperoleh dari bilangan acak *real* antara 0 dan 1. Setelah itu, populasi yang terbentuk dari bilangan acak tersebut dalam beberapa iterasi disebut generasi (Gonçalves, Resende and Toso, 2014). Gambar 1 menampilkan bahwa pembangkitan populasi awal yang tersusun oleh beberapa individu/kromosom, sedangkan kromosom tersusun oleh beberapa gen. Pada proses *encoding*, gen yang mewakili mata kuliah dikodekan ke dalam bilangan acak *real* antara 0 dan 1. Kemudian, proses *decoding* dilakukan setelah merepresentasikan kromosom dengan mengurutkan gen seperti yang terdapat pada Gambar 2. Setelah dilakukan proses *decoding* maka kromosom diubah bentuk menjadi 3 dimensi dengan fungsi *reshape* pada matlab untuk memudahkan dalam menghitung *fitness*. Contoh bentuk 3 dimensi kromosom untuk 8 gen seperti yang terdapat pada Gambar 3. Pada contoh kromosom 8 gen bentuk 3 dimensi dibentuk dengan $2 \times 4 \times 1$, yaitu 2 slot waktu, 4 hari dan 1 ruang. Sebagai contoh penjelasan letak, elemen ke-1 dari kromosom adalah 6, seperti yang terlihat pada Gambar 4, maka mata kuliah #6 dijadwalkan ke elemen 1 di pembagian ruang. Ini berarti mata kuliah #6 dijadwalkan pada hari Senin, slot waktu pertama di ruang 1.



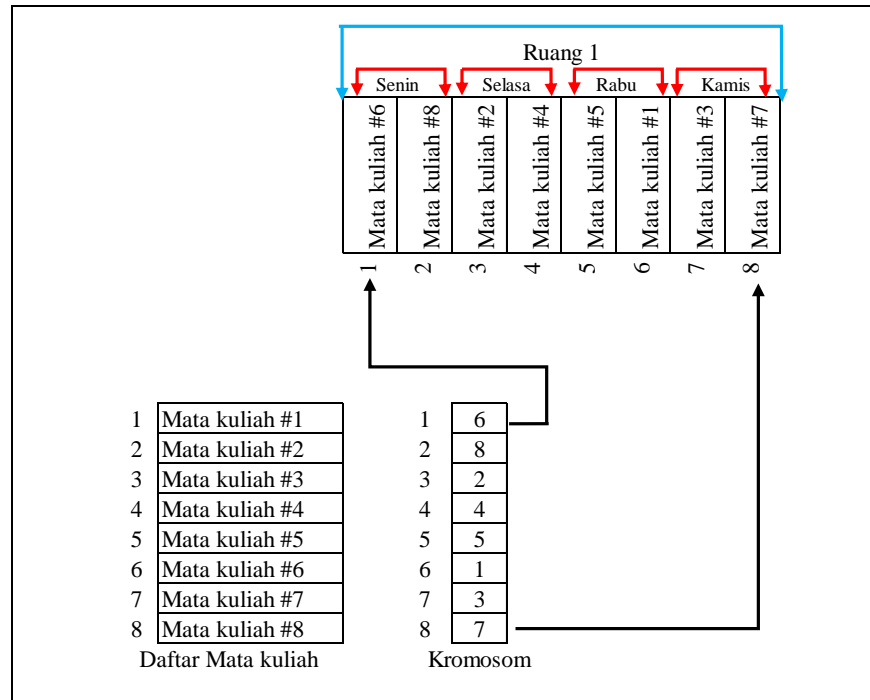
Gambar 1. Representasi Kromosom pada BRKGA



Gambar 2. Proses *Decoding* Kromosom

Ruang 1				
Timeslot	Senin	Selasa	Rabu	Kamis
1	6	2	5	3
2	8	4	1	7

Gambar 3. Contoh Hasil 3 Dimensi



Gambar 4. Contoh Penjelasan Kromosom 8 Gen

b. Inisialisasi Populasi

Inisialisasi merupakan masalah penting lainnya dalam BRKGA karena itu harus membuat populasi awal acak yang tersebar di seluruh ruang pencarian. Keragaman populasi awal memberi algoritma kesempatan untuk mencari ruang solusi luas yang mungkin dan tidak terjebak dengan optimal lokal. Pada penelitian ini, 120 kromosom digunakan untuk populasi awal dan dibuat secara acak.

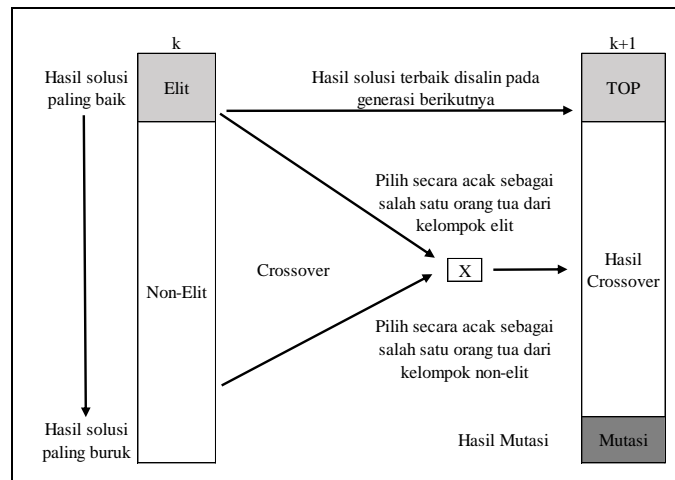
c. Fungsi *Fitness*

Fungsi *fitness* mengukur seberapa baik suatu kromosom. Ketika jumlah *constraints* yang dapat dipenuhi meningkat, maka kebaikan kromosom juga meningkat. Tahapan dalam melakukan evaluasi individu penelitian ini adalah menghitung total penalti kendala *hard* dan *soft* untuk setiap kromosom yang ada dalam populasi awal. Penalti ini dihitung dengan melihat kembali

hubungan antar mata kuliah mana yang boleh dijadwalkan secara bersama atau tidak dan syarat-syarat lainnya berdasarkan tabel yang dijadikan masukan dalam pembentukan jadwal ini. Kemudian, menghitung *fitness value*. Fungsi tujuan dari permasalahan ini adalah meminimumkan total penalti kendala *hard* dan *soft*, *fitness value* = total penalti atau mengacu pada persamaan (i). Sehingga semakin kecil nilai *fitness* maka semakin baik solusi yang dihasilkan.

d. Seleksi

Setelah evaluasi kromosom, beberapa kromosom dipilih untuk membuat generasi berikutnya. Kromosom dibedakan menjadi kelompok elit dan kelompok non-elit. Dimana kelompok elit adalah kromosom yang memiliki nilai *fitness* terbaik atau pelanggaran *constraint* terendah dan kelompok non-elit dipilih secara acak dari sisa kromosom dalam populasi tersebut. Populasi pada generasi berikutnya merupakan hasil salinan dari kelompok elit (20%), hasil dari mutasi (10%) dan sisanya adalah hasil *crossover* dua kromosom yang diseleksi *random* dari elit dan non-elit.



Gambar 5. Proses *Transisi BRKGA Generasi Baru*

e. Pembentukan Populasi Baru

Proses pembentukan generasi baru memiliki dua operator yaitu *crossover* dan mutasi dengan tujuan untuk menyebar kemungkinan lebih jauh dan lebih dalam untuk mencari individu baru yang unggul dalam menyelesaikan permasalahan.

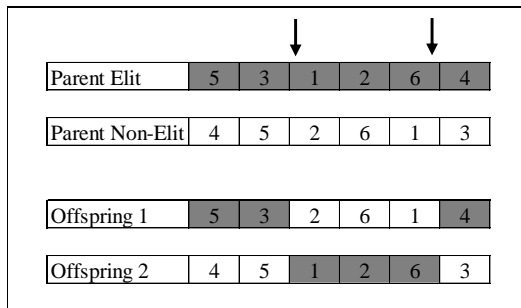
1) *Crossover*

Pada penelitian ini, *crossover* yang digunakan untuk mencampur materi genetik dari dua orang tua yang diseleksi dari kelompok elit dan non-elit ada yaitu Pada *two-point-crossover* titik

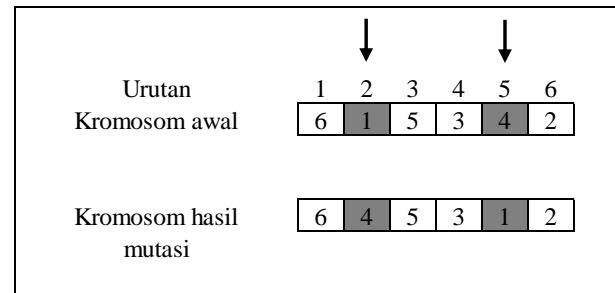
potong dipilih dua titik secara acak. Mekanisme *two-point-crossover* dapat diilustrasikan pada Gambar 6. Pada percobaan sebelumnya digunakan model *crossover* lain yaitu *n-point-crossover* tetapi hasil yang diperoleh tidak maksimal.

2) Mutasi

Setelah menerapkan *crossover*, salah satu usaha untuk mencegah munculnya solusi yang terlalu cepat maka diperlukan mutasi. Penelitian ini menerapkan mutasi dengan model *swap*. Model *swap* berkerja dengan cara menukarkan nilai antara dua posisi gen yang sudah terpilih secara acak. Model mutasi lain yang digunakan pada percobaan sebelumnya yaitu *simple random* tetapi hasil yang muncul belum maksimal. Ilustrasi mutasi *swap* dapat dilihat pada Gambar 7. Kromosom yang dilakukan mutasi yaitu kromosom yang memiliki nilai *fitness* terendah.



Gambar 6. Mekanisme *two-point-crossover*



Gambar 7. Mutasi *Swap*

f. Iterasi dan Aturan Penghentian

Mekanisme ini akan berulang terus sampai mencapai *stopping criteria* atau maksimum iterasi yang telah ditentukan Pada penelitian ini maksimum iterasi yang ditentukan yaitu 3.000 kali. Kemudian, dipilih kromosom terbaik yang menjadi solusi penjadwalan mata kuliah ini.

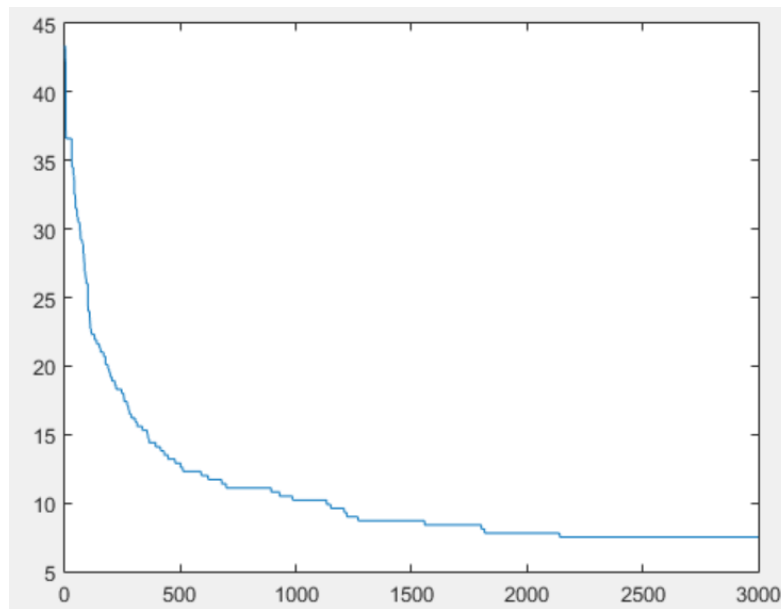
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Pengaturan Parameter BRKGA

Algoritma BRKGA yang digunakan untuk menyelesaikan permasalahan penjadwalan mata kuliah dikodekan dalam bahasa komputasi Matlab versi 8.5.0.197613 (R2015a) 64-bit (win64), dan dijalankan dengan *notebook* yang memiliki spesifikasi Intel(R) Core(TM) i5-7200U, kecepatan *processor* 2,50 GHz serta kapasitas RAM 8 GB. Kombinasi parameter yang dijalankan pada percobaan ini yaitu persen elit 20%, persen mutasi 10%, dan jumlah populasi sebesar 120. *Source code* program Matlab penjadwalan mata kuliah dapat dilihat pada Lampiran 1.

3.2 Unjuk Kerja BRKGA

Setelah memasukkan data dan menjalankan model yang telah dibuat dengan program, maka *output* yang dihasilkan oleh program yang telah dibuat yaitu jadwal kuliah optimal yang memiliki penalti kendala *hard* sebesar 0 dan kendala *soft* yang terkecil sehingga dapat dianggap sebagai solusi yang layak. Pada penelitian ini BRKGA menunjukkan keberhasilannya dalam menyelesaikan permasalahan penjadwalan mata kuliah di Teknik Industri. Hal ini dibuktikan dengan grafik pada Gambar 8 yang menunjukkan bahwa BRKGA mampu menuju titik konvergen. Titik konvergen mulai diperoleh pada iterasi ke-2141. Total waktu yang diperlukan untuk menjalankan program BRKGA ini yaitu 21,34 menit. Waktu ini lebih singkat dan efisien jika dibandingkan dengan membuat penjadwalan mata kuliah secara manual yang menyita waktu sehari-hari. Total *fitness* terbaik yang diperoleh dengan iterasi 3000 yaitu 7,5. Semua *hard constraints* sudah terpenuhi sedangkan *soft constraints* memiliki total penalti 16. *Constraints* yang tidak terpenuhi yaitu *soft constraints* setiap mata kuliah yang dibagi menjadi beberapa kelas dijadwalkan berurutan dan juga ada beberapa dosen yang mengajar lebih dari 9 SKS dalam sehari. Hal ini masih bisa ditoleransi karena *constraints* yang dilanggar hanya *constraints* tambahan agar penjadwalan semakin baik.



Gambar 8. Titik Konvergen BRKGA

3.3 Hasil Implementasi BRKGA pada Penjadwalan Mata Kuliah di Teknik Industri

Data yang digunakan pada penelitian ini merupakan jadwal perkuliahan di Teknik Industri semester genap tahun akademik 2019/2020. Daftar mata kuliah, dosen pengampu, SKS, Semester, dan kelas terdapat pada Lampiran 2. Matriks hubungan dari data yang diperlukan dalam memenuhi *constraints* penjadwalan mata kuliah di Teknik Industri, yaitu: pada *constraints* yang menyatakan tidak ada dosen yang memberikan dua pelajaran secara bersamaan, matriks yang diperlukan adalah matriks hubungan dosen dengan mata kuliah terdapat pada Lampiran 3. Pada *constraints* tidak ada mahasiswa yang menghadiri lebih dari satu mata kuliah pada waktu yang bersamaan, matriks yang diperlukan adalah matriks hubungan mahasiswa dengan mata kuliah terdapat pada Lampiran 4. Pada *constraints* setiap pelajaran harus ditugaskan ke periode atau sejumlah periode, matriks yang diperlukan adalah matriks hubungan slot waktu dengan besar SKS setiap mata kuliah terdapat pada Lampiran 5. Pada *constraints* mata kuliah yang dibagi ke dalam beberapa kelas dapat dijadwalkan secara berurutan, matriks yang diperlukan adalah matriks hubungan mata kuliah dengan mata kuliah terdapat pada Lampiran 6. Pada *constraints* jumlah maksimal SKS untuk setiap ruang setiap harinya adalah 12 SKS, matriks yang diperlukan adalah matriks hubungan mata kuliah dengan SKS terdapat pada Lampiran 7. Pada *constraints* jumlah maksimal dosen mengajar dalam sehari adalah 9 SKS, matriks yang diperlukan adalah matriks hubungan dosen dengan besar SKS setiap mata kuliah terdapat pada Lampiran 8. Pada *constraints* dosen memiliki preferensi hari untuk mengajar, matriks yang diperlukan adalah matriks hubungan dosen dengan mata kuliah, matriks dosen dengan hari dan matriks dosen dengan slot waktu terdapat pada Lampiran 9.

Berdasarkan data diatas program dijalankan selama 3000 iterasi didapatkan hasil total *fitness* sebesar 7,5. Untuk hasil lengkap solusi jadwal mata kuliah yang dihasilkan dapat dilihat pada Lampiran 10. Terlihat pada hasil bahwa mata kuliah sudah teralokasi dengan baik, tidak ada pelanggaran pada *hard constraints*. *Constraints* yang tidak terpenuhi yaitu *soft constraint* mata kuliah yang dibagi ke dalam beberapa kelas dapat dijadwalkan secara berurutan, dan juga ada beberapa dosen yang megajar lebih dari 9 SKS dalam sehari. Hal ini masih bisa ditoleransi karena *constraints* yang dilanggar hanya *constraints* tambahan agar penjadwalan semakin baik dan juga terdapat keterbatasan pada ruang, waktu serta sumber daya dosen.

4. PENUTUP

Pada penelitian ini berhasil dikembangkan algoritma BRKGA untuk mengoptimalkan penjadwalan mata kuliah. Berdasarkan uji coba bahwa algoritma ini telah mampu menyelesaikan penjadwalan mata kuliah di Teknik Industri dengan waktu yang masih bisa ditoleransi. Penelitian ini telah mengakomodasi berbagai *constraints* yaitu *hard constraints* dan *soft constraints*. *Hard constraints* pada penelitian ini yaitu tidak ada dosen yang memberikan dua pelajaran secara bersamaan, tidak ada mahasiswa yang menghadiri lebih dari satu mata kuliah pada waktu yang bersamaan, dan setiap pelajaran harus ditugaskan ke periode atau sejumlah periode, tergantung pada panjang pelajaran (SKS). *Soft constraints* pada penelitian ini yaitu mata kuliah yang dibagi ke dalam beberapa kelas dapat dijadwalkan secara berurutan, jumlah maksimal SKS untuk setiap ruang setiap harinya adalah 12 SKS, jumlah maksimal dosen mengajar dalam sehari adalah 9 SKS, dan dosen memiliki preferensi hari untuk mengajar. Hasil *output* dari program ini sudah terhubung dengan Microsoft Excel sehingga hasilnya dapat langsung diamati. Program ini dapat diimplementasikan untuk masalah penjadwalan mata kuliah pada perguruan tinggi manapun, asalkan memiliki kendala yang hampir sama, dengan mengubah data masukan sesuai dengan keadaan sebenarnya.

Beberapa kelemahan dari penelitian ini yang perlu ditindaklanjuti yaitu pada penelitian ini semua mata kuliah diasumsikan menjadi 2 SKS, kapasitas ruangan tidak menjadi pertimbangan dalam penjadwalan mata kuliah. Untuk penelitian selanjutnya beberapa kelemahan dari penelitian ini bisa diselesaikan agar penjadwalan menjadi lebih baik. Sebaiknya dibuat tampilan yang lebih *user friendly* untuk memudahkan proses penjadwalan mata kuliah.

DAFTAR PUSTAKA

- A. Charnes and Cooper, W. W. (1957) 'Management Models and Industrial Applications of Linear Programming', *Management Science*, 4(1), pp. 38–91.
- Akers, S. (1956) 'A graphical approach to production scheduling problems', *Operations Research*, 4, pp. 244–245.
- Al-Majmar, N. A. and Al-Shfaq, T. H. (2016) 'Solving of Lectures Timetabling Problem and Automatic Timetable Generation using Genetic Algorithm', *International Journal of Advanced Research in Computer and Communication Engineering*, 5(9), pp. 505–512.
- Bean, J. C. (1994) 'Genetic Algorithms and Random Keys for Sequencing and Optimization', *ORSA Journal on Computing*, 6(2), pp. 154–160.
- Christiana, L. A. and Prasetyo, H. (2017) 'Penyelesaian CCVRPTW Menggunakan Biased

- Random Key Genetic Algorithm-Populasi Degradasi’, *Jurnal Ilmiah Teknik Industri*, 16(1), pp. 28–39.
- Daskalaki, S., Birbas, T. and Housos, E. (2004) ‘An Integer Programming Formulation for A Case Study in University Timetabling’, *European Journal of Operational Research*, 153(1), pp. 117–135.
- Ericsson, M., Resende, M. G. C. and Pardalos, P. M. (2002) ‘A Genetic Algorithm for The Weight Setting Problem in OSPF Routing’, *Journal of Combinatorial Optimization*, 6(3), pp. 299–333.
- Ferawaty, E. (2010) *Optimasi Penjadwalan Mata Kuliah pada Perguruan Tinggi dengan Menggunakan Algoritma Genetika*. Universitas Indonesia.
- Gonçalves, J. F. and De Almeida, J. R. (2002) ‘A Hybrid Genetic Algorithm for Assembly Line Balancing’, *Journal of Heuristics*, 8(6), pp. 629–642.
- Gonçalves, J. F., Mendes, J. J. de M. and Resende, M. G. C. (2005) ‘A hybrid genetic algorithm for Job-Shop scheduling problem’, *European Journal of Operational Research*, 167, pp. 77–95.
- Gonçalves, J. F., Mendes, J. J. M. and Resende, M. G. C. (2008) ‘A genetic algorithm for the resource constrained multi-project scheduling problem’, *European Journal of Operational Research*, 189(3), pp. 1171–1190.
- Gonçalves, J. F. and Resende, M. G. C. (2011) ‘Biased Random-Key Genetic Algorithms For Combinatorial Optimization’, *Journal of Heuristics*, 17(5), pp. 487–525.
- Gonçalves, J. F. and Resende, M. G. C. (2014) ‘An extended Akers graphical method with a biased random-key genetic algorithm for job-shop scheduling’, *International Transactions in Operational Research*, 21(2), pp. 215–246.
- Gonçalves, J. F., Resende, M. G. C. and Mendes, J. J. M. (2011) ‘A biased random-key genetic algorithm with forward-backward improvement for the resource constrained project scheduling problem’, *Journal of Heuristics*, 17(5), pp. 467–486.
- Gonçalves, J. F., Resende, M. G. C. and Toso, R. F. (2012) ‘Biased and unbiased random-key genetic algorithms: An experimental analysis’, *AT&T Labs Research, Florham Park*, pp. 1–12.
- Gonçalves, J. F., Resende, M. G. C. and Toso, R. F. (2014) ‘An experimental comparison of biased and unbiased random-key genetic algorithms’, *Pesquisa Operacional*, 34(2), pp.

143–164.

- Hartadi, R., Hidayat, A. and Utomo, V. G. (2016) ‘Perancangan Aplikasi Penjadwalan Mata Kuliah (Studi Kasus : STMIK Provisi Semarang)’, *Jurnal Bianglala Informatika*, 4(1), pp. 31–40.
- Laksono, A., Utami, M. and Sugiarti, Y. (2018) ‘Sistem Penjadwalan Kuliah Menggunakan Metode Algoritma Genetika (Studi Kasus: Fakultas Kedokteran dan Kesehatan Universitas Muhammadiyah Jakarta)’, *Studia Informatika: Jurnal Sistem Informasi*, 9(2), pp. 177–188.
- Lucena, M. L., Andrade, C. E., Resende, M. G. C., Miyazawa, F. K., (2014) ‘Some Extensions of Biased Random Key Genetic Algorithms’, *Simposio Brasileiro de Pesquisa Operacional XLVI*, 28(3).
- Mauluddin, S., Ikbali, I. and Nursikuwagus, A. (2018) ‘Optimasi Aplikasi Penjadwalan Kuliah Menggunakan Algoritma Genetik’, *Jurnal RESTI (Rekayasa Sistem dan Teknologi Informasi)*, 2(3), pp. 792 – 799.
- Prasetyo, H., Fauza, G., Amer, Y., & Lee, S. H., (2015) ‘Survey on Applications of Biased-Random Key Genetic Algorithms for Solving Optimization Problems’, *IEEE International Conference*, pp. 863–870.
- Puspaningrum, W. A., Djunaidy, A. and Vinarti, R. A. (2013) ‘Penjadwalan Mata Kuliah Menggunakan Algoritma Genetika di Jurusan Sistem Informasi ITS’, *Jurnal Teknik Pomits*, 2(1), pp. 127–131.
- Rochman, A. N., Prasetyo, H. and Nugroho, M. T. (2017) ‘Biased Random Key Genetic Algorithm with Insertion and Gender Selection for Capacitated Vehicle Routing Problem with Time Windows’, *AIP Conference Proceedings*, 1855.
- Schaerf, A. (1999) ‘A Survey of Automated Deduction’, *Artificial Intelligence Review*, 13, pp. 87–127.
- Valente, J. M. S. and Gonçalves, J. F. (2009) ‘A genetic algorithm approach for the single machine scheduling problem with linear earliness and quadratic tardiness penalties’, *Computers and Operations Research*, 36(10), pp. 2707–2715.
- Valente, J. M. S., Gonçalves, J. F. and Alves, R. A. (2006) ‘A hybrid genetic algorithm for the resource-constrained project scheduling problem’, *Asia-Pacific Journal of Operational Research*, 23(3), pp. 393–405.